

## Beschreibung

Sensorknoten und sich daraus selbst organisierendes Sensornetzwerk

5

Sensoren in Gebäuden und Anlagen sollen Brände oder giftige Dämpfe detektieren, Materialbelastungen in tragenden Gebäudeteilen oder Anlagenkomponenten messen, die raumklimatischen Bedingungen erfassen, Schall orten, die Anwesenheit von Personen feststellen oder Personen, Material oder Geräte orten.

10

Bisherige Lösungen können diese Aufgaben nur teilweise und in der Regel mit einem hohen Installations-, Konfigurations- und Wartungsaufwand lösen. Die meisten Sensorsysteme sind beispielsweise verkabelt, wodurch ein erheblicher Aufwand für die Installation anfällt. Häufig senden sie ihre Daten an einen zentralen Rechner, der dann die Auswertung vornimmt. Solche zentralistischen Lösungen skalieren schlecht und fallen komplett aus, wenn der zentrale Rechner ausfällt. In großen Sensornetzen ist auch die Ortung der einzelnen Sensoren ein großes Problem, da ihre Position registriert sein und auch immer aktualisiert werden muss. Ein weiteres, mit erheblichem technischen Mehraufwand verbundenes Problem bei dieser Art von Netz ist die Einbindung mobiler Knoten.

15

20

25

Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, den Aufbau eines Sensornetzwerkes zu ermöglichen, das die beschriebenen Nachteile vermeidet.

Diese Aufgabe wird durch die in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Erfindungen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

30

Dementsprechend weist ein Sensorknoten Mittel zur Entfernungsmessung, Sensormittel zum Messen eines Sensormesswertes zusätzlich zur Entfernung sowie Mittel zur drahtlosen Kommu-

35

nikation der gemessenen Entfernung und des Sensormesswertes auf.

Die Mittel zur Kommunikation sind insbesondere Mittel zur  
5 Kommunikation mit einem weiteren Sensorknoten.

Vorzugsweise weisen die Mittel zur Kommunikation ein WLAN-Modul auf.

10 Die Mittel zur Entfernungsmessung messen die Entfernung vorteilhaft über die Laufzeit eines Signals, insbesondere eines Hochfrequenzsignals. Dazu enthalten sie beispielsweise ein Radarmodul. Darüber hinaus können sie besondere Filter- oder  
15 Lernverfahren aufweisen, insbesondere in Form eines Kalman-filters.

Ein Sensornetzwerk besteht insbesondere aus einer Vielzahl von Sensorknoten nach einer der zuvor genannten Arten. Dadurch lässt sich ein selbst organisierendes Sensornetzwerk  
20 zur Überwachung von Gebäuden und Anlagen und zur Navigation von Wartungs-, Sicherheitspersonal und Rettungskräften erstellen.

Vorzugsweise werden die Mittel zur Entfernungsmessung der  
25 einzelnen Sensorknoten so eingesetzt und koordiniert, dass über die kombinierte Messung der Entfernungen der Sensorknoten zueinander die Position der einzelnen Sensorknoten ermittelt wird.

30 Soll nicht nur die Position der Sensorknoten relativ zueinander bekannt sein, sondern auch die absolute Position der Sensorknoten, so weist vorzugsweise mindestens ein Sensorknoten Speichermittel zum Speichern seiner absoluten Position auf. Der Sensorknoten kann dann an mehrere Orte gebracht werden,  
35 wobei jeweils in seinen Speichermitteln seine absolute Position gespeichert wird. Das Sensornetzwerk nimmt dann an jedem dieser mehreren Orte die absolute Position des Sensorknotens

auf und kann sich dadurch eindeutig im dreidimensionalen Raum positionieren. Alternativ weisen mehrere Sensorknoten Speichermittel zum Speichern ihrer absoluten Position auf und die mehreren Sensorknoten werden an unterschiedlichen Positionen positioniert.

Die Mittel zur Kommunikation der Sensorknoten sind vorzugsweise so eingerichtet, dass Sensorknoten im Sensornetzwerk durch Weiterleitung der Kommunikation über benachbarte Sensorknoten mit entfernten Sensorknoten kommunizieren können. Dies erfolgt insbesondere über positionsbasiertes Multi-Hop-Routing.

Vorteilhaft ist das Sensornetzwerk so eingerichtet, dass die Sensormesswerte der Sensorknoten und die Positionen der Sensorknoten abfragbar sind.

Das Sensornetzwerk kommt als selbst organisierendes Sensornetzwerk ohne zentrale Instanz aus.

In einem Verfahren zur orts aufgelösten Messung von Sensormesswerten wird zur Messung der Sensormesswerte ein Sensornetzwerk nach einer der zuvor beschriebenen Ausprägungen verwendet. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens ergeben sich analog zu den vorteilhaften Ausgestaltungen des Sensornetzwerkes und umgekehrt.

Weitere Merkmale und Vorteile folgen aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. Dabei zeigt die Figur einen Sensorknoten.

Das Verfahren zur orts aufgelösten Messung von Sensormesswerten und das zugehörige selbst organisierende Sensornetzwerk basieren auf drahtlos vernetzten Sensorknoten, die ihre Kommunikation, Positionierung und Sensordatenverarbeitung weitestgehend selbst organisieren. Jeder Sensorknoten 1 enthält, wie in Figur 1 dargestellt, ein Gehäuse 2, eine Stromversor-

5      gung 3, beispielsweise in Form einer Batterie oder eines Akkumulators, eine Hauptrecheneinheit 4, Mittel 5 zur Kommunikation mit einem oder mehreren weiteren Sensorknoten, wobei die Mittel 5 zur Kommunikation in Form eines Funkmoduls ausgebildet sind, Mittel 6 zur Entfernungsmessung in Form eines Radarmoduls und Sensormittel 7 zum Messen eines Sensormesswertes zusätzlich zur Entfernung. Die Stromversorgung 3, die Hauptrecheneinheit 4, die Mittel 5 zur Kommunikation, die Mittel 6 zur Entfernungsmessung und die Sensormittel 7 befinden sich im Gehäuse 2. Das Gehäuse 2 und damit der Sensorknoten 1 verfügt darüber hinaus noch über Anschlüsse 8 für eine oder mehrere Antennen, einen Anschluss 9 zur Spannungsversorgung und einen Anschluss 10 für externe Geräte zum Datenaustausch, z.B. über Ethernet.

15      Die Mittel 5 zur Kommunikation in Form des Funkmoduls erlauben die Kommunikation des Sensorknotens 1 mit benachbarten Sensorknoten beispielsweise über den WLAN-Standard. Durch positionsbasiertes Multi-Hop-Routing können auch entfernte Sensorknoten erreicht werden.

20      Die Mittel 6 zur Entfernungsmessung in Form des Radarmoduls führen Distanzmessungen zu benachbarten Sensorknoten aus. Durch Austausch von geschätzten Positionen über die Mittel 5 zur Kommunikation und unter Verwendung von geeigneten Filter- und/oder Lernverfahren, wie beispielsweise eines Kalmanfilters, können sich die Sensoren in einem internen Koordinatensystem lokalisieren.

30      Durch Eingabe absoluter Koordinaten für mehrere Sensorknoten oder für einen mobilen Sensorknoten an verschiedenen Orten durch eine angeschlossene Applikation kann das interne Koordinatensystem mit dem einer externen Karte der Umgebung synchronisiert werden.

35      Die Sensormittel 7 in Form des Sensormoduls liefern verschiedene Sensormesswerte. Diese werden zusammen mit Sensormess-

werten benachbarter Sensorknoten benutzt, um ein lokales Regressionsmodell zu trainieren, das es erlaubt, räumliche oder gar raum-zeitliche Profile von Sensormessgrößen zu erstellen. Diese Profile können von externen Applikationen abgefragt werden. Diese Applikationen können beispielsweise Visualisierungsverfahren auf tragbaren Rechnern sein, die jeweils mit einem Sensorknoten verbunden sind.

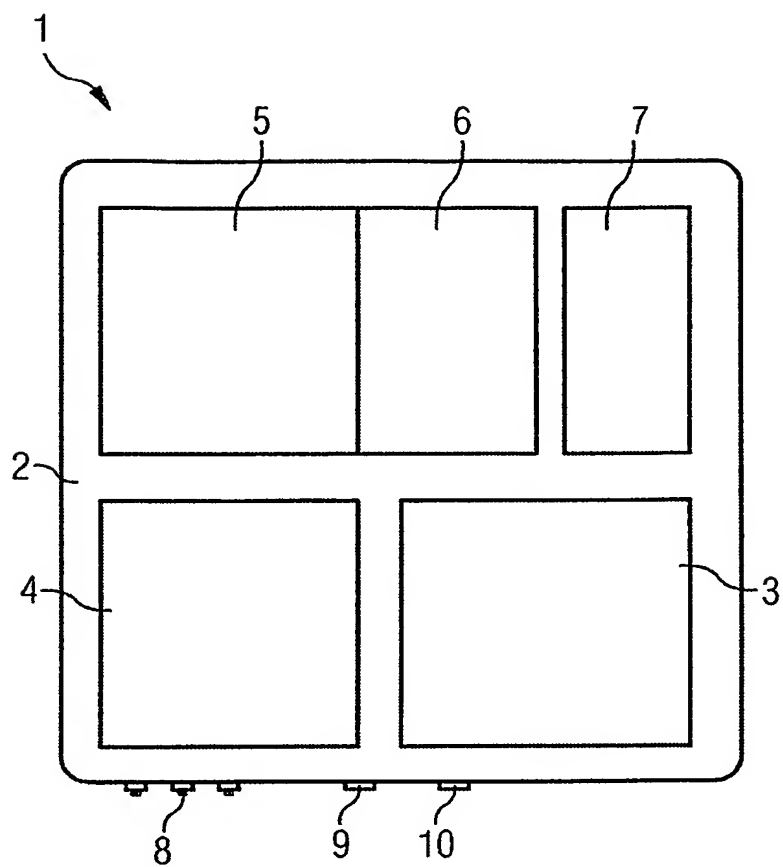
Die Sensorknoten erfordern wenig Aufwand für die Installation und für den Betrieb eines Sensornetzwerkes. Das Sensornetzwerk ist in der Lage, einzelne, insbesondere mobile, Sensorknoten genau zu lokalisieren. Es skaliert gut, das heißt, es lässt sich leicht mit zusätzlichen Sensorknoten erweitern und kann dadurch die Abdeckung oder die Auflösung erhöhen. Die Funktionsweise des Sensornetzwerkes wird nur durch den Ausfall vieler Sensorknoten merklich beeinträchtigt, da die Kommunikation auf andere Routen ausweichen kann und die Sensordaten im Netzwerk verteilt gespeichert sind.

## Patentansprüche

1. Sensorknoten mit
  - Sensormitteln (7) zum Messen eines Sensormesswertes,
  - 5 - Mitteln (6) zur Entfernungsmessung,
  - Mitteln (5) zur Kommunikation.
2. Sensorknoten nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,- 10 dass die Mittel (5) zur Kommunikation Mittel zur Kommunikation mit weiteren Sensorknoten sind.
3. Sensorknoten nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,- 15 dass die Mittel (5) zur Kommunikation ein WLAN-Modul aufweisen.
4. Sensorknoten nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,- 20 dass die Mittel (6) zur Entfernungsmessung Mittel zur Messung einer Signallaufzeit aufweisen.
5. Sensorknoten nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,- 25 dass die Mittel (6) zur Entfernungsmessung einen Kalmanfilter aufweisen.
6. Sensornetzwerk aufweisend eine Mehrzahl von Sensorknoten (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5.- 30
7. Sensornetzwerk nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Sensorknoten (1) Mittel zur Positionsbestimmung über  
die Mittel (6) zur Entfernungsmessung aufweisen.- 35

8. Sensornetzwerk nach einem der Ansprüche 6 oder 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass einer der Sensorknoten Speichermittel zum Speichern sei-  
ner absoluten Position aufweist.
- 5
9. Sensornetzwerk nach einem der Ansprüche 6 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Mittel (5) zur Kommunikation so eingerichtet sind,  
dass Sensorknoten (1) im Sensornetzwerk durch Weiterleitung  
10 der Kommunikation über benachbarte Sensorknoten mit entfern-  
ten Sensorknoten kommunizieren können.
10. Sensornetzwerk nach einem der Ansprüche 6 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
15 dass das Sensornetzwerk so eingerichtet ist, dass die Sensor-  
messwerte der Sensorknoten (1) und die Positionen der Sensor-  
knoten (1) abfragbar sind.
11. Sensornetzwerk nach einem der Ansprüche 6 bis 10,  
20 dadurch gekennzeichnet,  
dass das Sensornetzwerk ein selbst organisierendes Sensor-  
netzwerk ist.
12. Verfahren zur orts aufgelösten Messung von Sensormesswer-  
25 ten,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zur Messung der Sensormesswerte ein Sensornetzwerk nach  
einem der Ansprüche 6 bis 11 verwendet wird.

1/1





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2005/050645

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G01D9/00 H04L12/56

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01D H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	AKYILDIZ I F ET AL: "Wireless sensor networks: a survey" COMPUTER NETWORKS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V., AMSTERDAM, NL, vol. 38, no. 4, 15 March 2002 (2002-03-15), pages 393-422, XP004341653 ISSN: 1389-1286	1-3,5,6,8-12
Y	page 399, paragraph 3.4 page 400, lines 69,70 page 402, paragraph 3.7 page 404, paragraph 4 figure 2 page 400, lines 86-91 ----- --/--	4,7

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☐ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 July 2005

Date of mailing of the international search report

12/07/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Moulara, G

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/050645

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>SAVVIDES A ET AL: "DYNAMIC FINE-GRAINED LOCALIZATION IN AD-HOC NETWORKS OF SENSORS" PROCEEDINGS OF THE 7TH. ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE COMPUTING AND NETWORKING. MOBICOM 2001. ROME, ITALY, JULY 16 - 21, 2001, ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE COMPUTING AND NETWORKING, NEW YORK, NY : ACM, US, vol. CONF. 7, 16 July 2001 (2001-07-16), pages 166-179, XP001072002 ISBN: 1-58113-422-3 page 168, lines 1-6 page 170, paragraph 4 -----</p>	4,7

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/050645

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 IPK 7 G01D9/00 H04L12/56

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 7 G01D H04L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	AKYILDIZ I F ET AL: "Wireless sensor networks: a survey" COMPUTER NETWORKS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V., AMSTERDAM, NL, Bd. 38, Nr. 4, 15. März 2002 (2002-03-15), Seiten 393-422, XP004341653 ISSN: 1389-1286	1-3,5,6, 8-12
Y	Seite 399, Absatz 3.4 Seite 400, Zeilen 69,70 Seite 402, Absatz 3.7 Seite 404, Absatz 4 Abbildung 2 Seite 400, Zeilen 86-91 ----- -/-	4,7

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☐ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*S\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. Juli 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/07/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Moulara, G

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>SAVVIDES A ET AL: "DYNAMIC FINE-GRAINED LOCALIZATION IN AD-HOC NETWORKS OF SENSORS"</p> <p>PROCEEDINGS OF THE 7TH. ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE COMPUTING AND NETWORKING. MOBICOM 2001. ROME, ITALY, JULY 16 - 21, 2001, ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE COMPUTING AND NETWORKING, NEW YORK, NY : ACM, US,</p> <p>Bd. CONF. 7, 16. Juli 2001 (2001-07-16), Seiten 166-179, XP001072002 ISBN: 1-58113-422-3 Seite 168, Zeilen 1-6 Seite 170, Absatz 4 -----</p>	4,7